



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 102 18 606 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**G 01 N 27/30**  
G 01 N 27/36

②1 Aktenzeichen: 102 18 606.5  
②2 Anmeldetag: 25. 4. 2002  
④3 Offenlegungstag: 6. 11. 2003

DE 102 18 606 A 1

⑦1 Anmelder:

Endress + Hauser Conducta Gesellschaft für Mess-  
und Regeltechnik mbH + Co. KG, 70839 Gerlingen,  
DE

⑦4 Vertreter:

Andres, A., Pat.-Anw., 79576 Weil am Rhein

⑦2 Erfinder:

Pechstein, Torsten, Dr., 01445 Radebeul, DE; Straub,  
Hermann, Dr., 72108 Rottenburg, DE; Wittmer,  
Detlev, Dr., 75433 Maulbronn, DE; Steinmüller, Dirk,  
Dr., 76139 Karlsruhe, DE

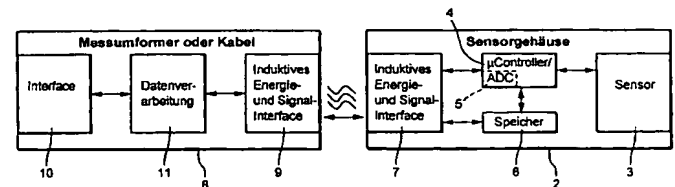
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 100 62 062 C1  
DE 41 39 122 C1  
DE 197 22 744 A1  
DE 41 43 092 A1  
US 57 11 861 A  
US 56 90 893 A1  
US 53 84 028 A  
US 53 66 609 A  
US 53 57 953 A  
JP 10-2 53 572 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Potentiometrischer Sensor

⑤7 Ein potentiometrischer Sensor, insbesondere pH-Sen-  
sor oder Redoxsensor, umfaßt einen Elementarsensor (3)  
zum Erfassen einer potentiometrischen Größe, insbeson-  
dere eines pH-Wertes oder eines Redox-Potentials; und  
eine Schnittstelle zur Ausgabe eines von der potentiome-  
trischen Größe abhängigen Signals an eine übergeordne-  
te Einheit, insbesondere einen Transmitter (8); wobei der  
potentiometrische Sensor erfindungsgemäß einen digita-  
len Datenspeicher (6) aufweist, der fest mit dem Elemen-  
tarsensor (3) verbunden ist.



DE 102 18 606 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft potentiometrischen Sensoren, insbesondere einen pH-Sensor oder einen Redox-Sensor bzw. eine pH-Elektrode oder eine Redox-Elektrode, zum Anschluß an einen Transmitter.

[0002] Potentiometrische Sensoren messen Potentiale bei großen Widerständen, wie dies bei pH-Sensoren und Redox-Sensoren der Fall ist. PH-Elektroden bzw. Redox-Elektroden erfassen insbesondere ionische Potentiale in Lösungen. Sie sind in vielen Anwendungsfällen starkem Verschleiß ausgesetzt, so daß sie häufig nach kurzer Betriebszeit ausgetauscht werden. Insoweit sind diese Elektroden Verbrauchsmaterialien, die bei gegebener Meßgenauigkeit möglichst kostengünstig bereitzustellen sind.

[0003] Nachfolgend wird die Problemstellung der vorliegenden Erfindung und deren Lösung exemplarisch anhand von pH-Elektroden bzw. pH-Sensoren erläutert. Die Ausführungen gelten sinngemäß jedoch auch für andere potentiometrische Sensoren, insbesondere Redox-Sensoren bzw. Redox-Elektroden.

[0004] Der Stand der Technik kennt im wesentlichen drei Typen von pH-Sensoren, die nachfolgend kurz skizziert sind.

[0005] Die einfachsten pH-Sensoren sind einfache pH-Elektroden ohne jegliche Elektronik. Diese pH-Elektroden liefern ein pH-abhängiges Potential, welches an geeigneten elektrischen Anschlüssen abgreifbar ist. Optional weisen diese pH-Elektroden zur Temperaturkompensation einen integrierten Temperatursensor, z. B. PT100, auf, dessen Potential an geeigneten Temperaturschlängen abgreifbar ist. Zum Messen werden diese pH-Sensoren gewöhnlich über ein Kabel an einen Transmitter angeschlossen, der aus dem pH-abhängigen Potential und ggf. dem Temperatursignal des Temperatursensors ein Meßsignal generiert.

[0006] Neben den beschriebenen einfachen pH-Elektroden, bzw. Sensoren gibt es solche mit einem integrierten Vorverstärker zur Impedanzwandlung. Das Ausgangssignal des Vorverstärkers ist das Potential des pH-Sensors, wobei anstelle des Innenwiderstands des pH-Sensors in der Größenordnung von 100 Megaohm, der Innenwiderstand des Vorverstärkers nur einige Ohm beträgt. Daher ist die weitere Übertragung und Verarbeitung des Ausgangspotentials zu einem Transmitter erheblich vereinfacht. Die Vorverstärker sind entweder batteriegespeist, oder sie werden über ein Kabel versorgt.

[0007] Schließlich sind unter dem Namen DirectLine von Honeywell einfache Transmitter erhältlich, welche direkt auf die pH-Sensoren montiert werden. Somit wird in unmittelbarer Nähe des Sensors z. B. ein 4...20 mA Meßsignal generiert, welches dann ohne weiteres zur Leitwarte übertragen werden kann.

[0008] Es ist bei allen pH-Elektroden bzw. pH-Sensoren nach dem Stand der Technik erforderlich, die Elektroden nach dem Anschluß an den Transmitter zu kalibrieren, wonach die ermittelten Kalibrierungsparameter im Transmitter gespeichert werden. Wenngleich dieses Konzept nach der Kalibrierung in den meisten Fällen einen zufriedenstellenden Meßbetrieb ermöglicht, weist sie jedoch einige schwerwiegende Nachteile auf.

[0009] Sensoren müssen neu kalibriert werden, wenn sie an einen anderen Transmitter angeschlossen werden. Sensoren sind ohne vorherige Kalibration nicht betreibbar.

[0010] Sensorspezifische Zusatzinformationen wie Typbezeichnung, Lebensdauer oder Historiendaten sind nicht oder nur mit großem Aufwand für jeden Sensor ermittelbar, insbesondere dann, wenn die Zuordnung zwischen einem Sensor und einem Transmitter verlorengegangen ist.

[0011] Sensoren müssen in der Regel am Ort des Transmitters bzw. Meßumformers kalibriert werden. Insbesondere in solchen Fällen, bei denen am Ort des Transmitters widrige Arbeitsbedingungen herrschen sind aufwendige Kalibrierungen wie die Ermittlung des Isothermenarbeitspunktes praktisch nicht durchführbar. Dies führt zu Kompromissen hinsichtlich der erzielbaren Meßgenauigkeit.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen pH-Sensor bereitzustellen, der die geschilderten Nachteile des Stands der Technik überwindet.

[0013] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den pH-Sensor gemäß des unabhängigen Patentanspruchs 1. Der erfindungsgemäße pH-Sensor umfaßt einen Elementarsensor zur Erfassung eines pH-Wertes; einen digitalen Datenspeicher zur Speicherung von Sensordaten oder Prozeßdaten, der fest mit dem Elementarsensor verbunden ist; und eine Schnittstelle zum Anschluß an eine übergeordnete Einheit zur Übertragung eines den pH-Wert repräsentierenden Signals und zum Auslesen und/oder Schreiben von digitalen Daten von dem bzw. auf den digitalen Datenspeicher.

[0014] Der digitale Datenspeicher ist insofern fest mit dem Elementarsensor verbunden, als der Datenspeicher und der Elementarsensor eine nicht trennbare Einheit bilden.

[0015] Die übergeordnete Einheit ist insbesondere ein Transmitter bzw. ein Meßumformer oder eine andere geeignete Vorrichtung zur Erfassung und Verarbeitung der Daten des pH-Sensors.

[0016] Für das Wesen der Erfindung ist es unbeachtlich, ob die zum Betrieb des Sensors notwendige Analogelektronik ebenfalls fest mit dem pH-Sensor verbunden ist, und die Daten von dort in den Datenspeicher geschrieben und/oder ausgelesen werden, oder ob das Speichern und/oder Auslesen der Daten von der übergeordneten Einheit erfolgt.

[0017] Der Anschluß der Schnittstelle des pH-Sensors an das übergeordnete System kann direkt oder über ein Anschlußkabel erfolgen.

[0018] In einer derzeit bevorzugten Ausführungsform ist die Schnittstelle des pH-Sensors eine kontaktlose Schnittstelle, wie sie beispielsweise in der noch unveröffentlichten europäischen Patentanmeldung Nr. 1 216 079 der gleichen Anmelderin beschrieben ist. Der Begriff kontaktlos soll bezeichnen, daß die sensorseitige Schnittstelle von der transmitterseitigen Schnittstelle elektrisch bzw. galvanisch isoliert ist. Die kontaktlose Schnittstelle kann beispielsweise eine optische, kapazitive oder induktive Schnittstelle sein, wobei derzeit eine induktive Schnittstelle bevorzugt ist. Zu Einzelheiten hinsichtlich der Gestaltung der Schnittstelle wird auf die europäische Patentanmeldung Nr. 1 216 079 verwiesen, die hier durch Bezugnahme vollumfänglich inkorporiert ist.

[0019] Selbstverständlich kann auch eine Schnittstelle mit elektrisch leitenden Kontakten zur Realisierung eines erfindungsgemäßen pH-Sensors verwendet werden.

[0020] Der erfindungsgemäße pH-Sensor weist in einer bevorzugten Ausführungsform einen Analog-Digital-Wandler auf, welcher ein digitales Signal generiert, das eine Funktion des pH-Wert-abhängigen Potentials des Elementarsensors ist.

[0021] Der erfindungsgemäße pH-Sensor umfaßt vorzugsweise weiterhin einen Mikroprozessor welcher einerseits den Datenaustausch zwischen der Schnittstelle des pH-Sensors und dem übergeordneten System und andererseits das Auslesen und Beschreiben des digitalen Datenspeichers steuert. Besonders bevorzugt ist der Analog-Digital-Wandler in den Mikroprozessor integriert.

[0022] Vorzugsweise weist der pH-Sensor ein Gehäuse auf, in welches der Datenspeicher, die Schnittstelle und ggf. weitere elektronische Bauelemente, wie der Analog-Digital-

Wandler und der Mikroprozessor integriert sind.

[0023] Für einfache Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung, insbesondere für jene mit elektrisch leitender Übertragung des pH-Wert-abhängigen Potentials zum Transmitter, kann auf einen Mikroprozessor am pH-Sensor verzichtet werden. Das Auslesen bzw. Schreiben von Daten auf den digitalen Datenspeicher kann in diesem Fall vom übergeordneten System bzw. Transmitter gesteuert werden.

[0024] Der digitale Datenspeicher ist vorzugsweise ein mehrfach und/oder einmalig beschreibbarer Datenspeicher. Derzeit sind EEPROMS besonders bevorzugt, wobei EPROMS grundsätzlich ebenfalls geeignet sind.

[0025] Der digitale Datenspeicher kann insbesondere eines oder mehrere der folgenden Daten speichern:

Kalibrierdatum;  
die ermittelte Empfindlichkeit des Sensors bei einer ersten Temperatur, insbesondere 25°C;  
das ermittelte Asymmetriepotential bei 25°C;  
den Temperaturoffset;  
logistische Informationen, beispielsweise einen SAP-Code und/oder eine Bestellnummer; die Seriennummer;  
den Temperatureinsatzbereich;  
den pH-Einsatzbereich;  
die Extremalwerte der Betriebstemperatur;  
die Extremalwerte des Betriebs-pH;  
das Signum eines Laboranten (zur Nachverfolgbarkeit der Kalibration);  
die Einsatzdauer;  
den Isothermenschnittpunkt;  
den Sensor-Check-System-Status;  
den pH-Messwert; und  
den Temperaturmesswert.

[0026] Die übergeordnete Einheit bzw. der Transmitter kann vorzugsweise auf sämtliche der abgelegten Daten mit einem Lesebefehl zugreifen.

[0027] Vorzugsweise kann die übergeordnete Einheit bzw. der Transmitter über Schreibbefehle eines bzw. mehrere der folgenden Daten im Speicher ablegen lassen:

Kalibrierdatum;  
die ermittelte Steilheit des Potentials bei einer ersten Temperatur, insbesondere 25°C;  
den ermittelten Potentialnullpunkt bei 25°C;  
den Temperaturoffset;  
das Signum eines Laboranten (zur Nachverfolgbarkeit der Kalibration); und  
den Isothermenschnittpunkt.

[0028] Bei einer Erstüberprüfung des Sensors, wird der Datenspeicher beispielsweise über Schreibbefehle mit den folgenden Daten beschrieben:

Logistische Informationen;  
Temperatureinsatzbereich; und  
pH Einsatzbereich.

[0029] Der erfindungsgemäße pH-Sensor hat den Vorteil, daß sensorspezifische Daten, d. h. Gerätedaten, Prozeßdaten und/oder Historiendaten untrennbar mit dem Sensor verbunden sind. Dies ermöglicht einerseits eine Vorkalibrierung des Sensors bevor er am Einsatzort montiert wird, und andererseits den Einsatz eines Sensors an unterschiedlichen Transmittern, ohne das eine Neukalibrierung zwingend erforderlich ist.

[0030] Weitere Gesichtspunkte der Erfindung ergeben sich aus den Abhängigen Patentansprüchen, der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und den Zeichnungen.

[0031] Es zeigt:

[0032] Fig. 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen pH-Sensors; und

[0033] Fig. 2 eine perspektivische Detailansicht eines erfindungsgemäßen pH-Sensors.

[0034] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun anhand von Fig. 1 und 2 erläutert. Das Blockschaltbild in Fig. 1 zeigt die in einem Sensorgehäuse 2 des pH-Sensors 1 angeordneten Komponenten, wobei das Gehäuse 2 fest, d. h. untrennbar, mit einem Elementarsensor 3 verbunden ist. Der Elementarsensor kann insbesondere eine stabförmige pH-Elektrode sein, auf deren, dem Medium abgewandten Ende das Gehäuse 2 angeordnet ist.

[0035] Im Gehäuse 2 ist ein Mikroprozessor 4 angeordnet, der vorzugsweise einen integrierten Analog-Digital-Wandler (ADC) 5 aufweist. Der Mikroprozessor 4 ist einerseits mit den analogen Ausgängen des Elementarsensors 3 gekoppelt. Andererseits ist der Mikroprozessor mit einem digitalen Speicher 6 verbunden, der bei dieser Ausführungsform ein EEPROM ist. Schließlich ist der Mikroprozessor 4 mit einer induktiven Schnittstelle 7 verbunden, über die einerseits die Energieversorgung des pH-Sensors 1 und andererseits die Datenübertragung von und zu einer übergeordneten Einheit erfolgt, die in diesem Fall einen Transmitter 8 umfaßt. Optional kann auch eine direkte Verbindung zwischen dem Speicher 6 und der Schnittstelle 7 vorgesehen sein.

[0036] Der Transmitter 8 umfaßt eine transmitterseitige induktive Schnittstelle 9, zur Energieversorgung des pH-Sensors 1 und zum digitalen Datenaustausch mit dem pH-Sensor 1. Weiterhin umfaßt der Transmitter eine Datenverarbeitungseinheit 11, welche mit der transmitterseitigen induktiven Schnittstelle 9 und einer systemseitigen Schnittstelle 10 gekoppelt ist. An der systemseitigen Schnittstelle können Meßdaten ausgegeben und gerätespezifische Daten ausgetauscht werden. Hierzu kommen alle gängigen Protokolle wie beispielsweise HART, Fieldbus oder Profibus in Frage.

[0037] Im Meßbetrieb empfängt der Mikroprozessor 4 vom Elementarsensor mindestens ein analoges Signal, nämlich ein pH-Wert-abhängiges Potential und vorzugsweise auch ein temperaturabhängiges Potential. Die analogen Signale werden vom ADC 5 in digitale Signale gewandelt, welche einerseits im Datenspeicher 6 abgelegt und andererseits über die induktive Schnittstelle 7 an den Transmitter 8 ausgegeben werden können.

[0038] Zu Einzelheiten der induktiven Datenübertragung und Energieversorgung wird nochmals auf die europäische Patentanmeldung Nr. 1 216 079 verwiesen.

[0039] Die Parameter zur Auswertung der pH-abhängigen Potentiale und ggf. der Temperaturdaten sind in Form von Kalibrationsdaten auf dem Datenspeicher 6 abgelegt. Die Kalibrierungsdaten werden nach einem Lesebefehl des Transmitters 8 entweder über den Mikroprozessor 4 oder direkt an die induktive Schnittstelle 7 ausgegeben, um der Datenverarbeitungseinheit 11 des Transmitters 8 zur weiteren Verarbeitung wie Fehlerkompensationen etc. zur Verfügung zu stehen.

[0040] Bei der Erstkalibrierung oder einer Nachkalibrierung des pH-Sensors 1 werden transmitterseitig Schreibbefehle zur Speicherung der ermittelten Kalibrierungsdaten ausgegeben, woraufhin die Daten auf dem EEPROM 6 abgelegt werden.

[0041] Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für die mechanische Anordnung des Gehäuses 2 des pH-Sensors 1 auf einem stabförmigen Elementarsensor 3, insbesondere einer Glaselektrode.

[0042] Das Gehäuse 2 weist auf seiner Mantelfläche ein Gewinde 12 auf, mit dem der pH-Sensor 1 in einer Armatur montiert werden kann. Das Gehäuse 2 weist einen, dem Elementarsensor 3 abgewandten, zylindrischen Endabschnitt auf, in dessen Mantelfläche Aussparungen eines Bajonettverschluß angeordnet sind. In diesem Endabschnitt ist die

induktive Schnittstelle 7 angeordnet. Stirnseitig weist das Gehäuse 2 ein zylindrisches axiales Sackloch auf, welches als Aufnahme für einen gehäuseten Ferritkern einer transmitterseitigen induktiven Schnittstelle 9 dient. Beim Ausführungsbeispiel ist die transmitterseitige induktive Schnittstelle 9 als Stecker an einem Kabel gestaltet, welches mit dem Transmitter verbunden ist. Gleichmaßen, kann die transmitterseitige Schnittstelle 9 direkt an einem Transmittergehäuse o. ä. ausgebildet sein. Der Stecker weist an seiner dem pH-Sensor 1 zugewandten Stirnseite eine hülsenartige Mantelfläche auf, die axial vorsteht und den Ferritkern koaxial umgibt. Die hülsenartige Mantelfläche umschließt zumindest einen Teil des zylindrischen Endabschnitts des Gehäuses 2, wenn der Stecker auf dem Gehäuse 2 befestigt ist. Radial einwärts verlaufende Vorsprünge auf der hülsenartigen Mantelfläche befinden sich dann mit den Aussparungen des Bajonettverschlusses in Eingriff, um den Stecker zu sichern.

#### Patentansprüche

1. Potentiometrischer Sensor, umfassend einen Elementarsensor (3) zum Erfassen einer potentiometrischen Größe; und eine Schnittstelle zur Ausgabe eines von der potentiometrischen Größe abhängigen Signals an eine übergeordnete Einheit, insbesondere einen Transmitter (8); **dadurch gekennzeichnet**, daß der potentiometrische Sensor einen digitalen Datenspeicher (6) aufweist, der fest mit dem Elementarsensor (3) verbunden ist.
2. Potentiometrischer Sensor nach Anspruch 1, der weiterhin einen Analog-Digital-Wandler (5) umfaßt zur Wandlung eines vom Elementarsensor (3) ausgegebenen analogen Signals in ein digitales Signal.
3. Potentiometrischer Sensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Datenspeicher Elementarsensor eine oder mehrere der folgenden Informationen speichert: das Kalibrierdatum des Sensors; die ermittelte Empfindlichkeit des Sensors bei einer ersten Temperatur, insbesondere 25°C; das ermittelte Assymetriepotential bei 25°C; den Temperaturoffset; logistische Informationen; die Seriennummer des Elementarsensors; den Temperatureinsatzbereich; den pH-Einsatzbereich; die Extremalwerte der Betriebstemperatur; die Extremalwerte des Betriebs-pH; das Signum eines Laboranten; die Einsatzdauer; den Isothermenschnittpunkt; den Sensor-Check-System-Status; mindestens einen pH-Messwert; mindestens einen Redox-Messwert; einen oder mehrere Temperaturmesswerte.
4. Potentiometrischer Sensor nach Anspruch 3, wobei der Datenspeicher (6) Historiendaten über ein fortlaufendes Zeitintervall des Sensorbetriebs speichert.
5. Potentiometrischer Sensor nach Anspruch 3, wobei der Datenspeicher (6) ereignisabhängige Historiendaten speichert.
6. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend einen Mikroprozessor (4) zur Steuerung des Datenspeichers (6) und/oder zur Steuerung der Schnittstelle (7) zur Kommunikation mit der übergeordneten Einheit (8).
7. Potentiometrischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuerung des Datenspeichers (6), wobei der Datenspeicher so geschaltet ist, daß er über die Schnittstelle (7) von der übergeordneten Einheit (8) steuerbar ist.
8. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der potentiometrische Sensor (1) über eine mechanische Kupplung, welche

die Schnittstelle umfaßt, lösbar mit einem Gehäuse der übergeordneten Einheit (8) verbunden ist.

9. Potentiometrischer Sensor nach einem der Ansprüche 1–8, wobei der potentiometrische Sensor (1) über eine mechanische Kupplung, welche die Schnittstelle umfaßt lösbar mit einem Kabel verbunden ist, welches mit der übergeordneten Einheit kommuniziert.

10. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schnittstelle (7) neben der Datenkommunikation die Energieversorgung des potentiometrischen Sensors gewährleistet.

11. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schnittstelle eine nicht galvanische Schnittstelle ist.

12. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schnittstelle eine induktive Schnittstelle ist.

13. Potentiometrischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Schnittstelle eine galvanische Schnittstelle ist.

14. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend einen Temperaturfühler.

15. Potentiometrischer Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der potentiometrische Sensor ein pH-Sensor ist, und der Elementarsensor eine pH-Elektrode umfaßt.

16. Potentiometrischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der potentiometrische Sensor ein Redox-Sensor ist, und der Elementarsensor eine Redox-Elektrode umfaßt.

17. Potentiometrischer Transmitter (8) zur Ausgabe mindestens eines eine potentiometrische Größe repräsentierenden Meßsignals, dadurch gekennzeichnet, daß der Transmitter (8) eine Schnittstelle (9) zum Betrieb und zum Datenaustausch mit einem potentiometrischen Sensor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

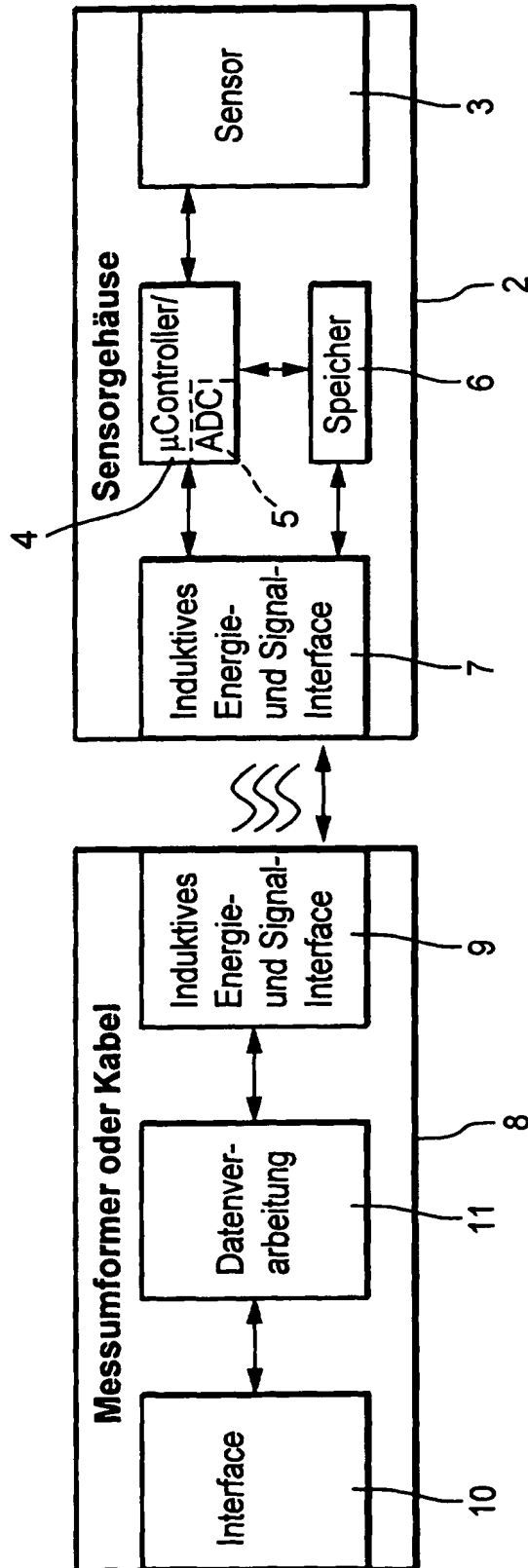


Fig. 1

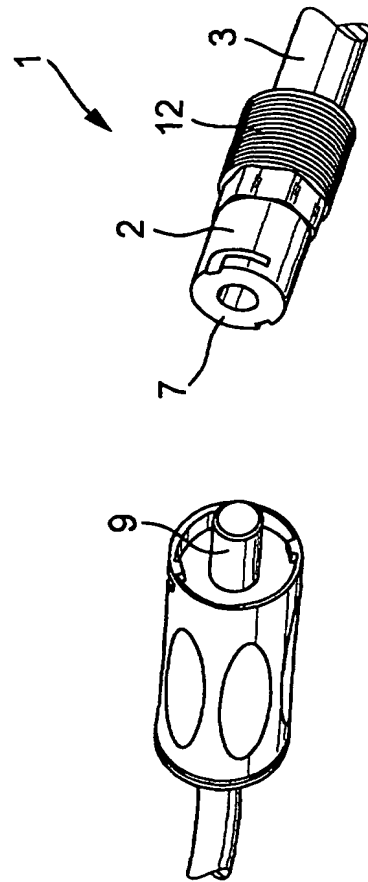


Fig. 2